

## EUROPEAN PATENT OFFICE

AC

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06342952  
PUBLICATION DATE : 13-12-94

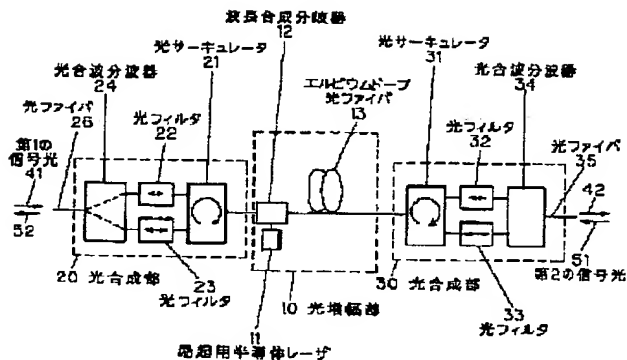
APPLICATION DATE : 18-03-94  
APPLICATION NUMBER : 06048586

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : ODANI JIYUN;

INT.CL. : H01S 3/10 G02F 1/35 H01S 3/07  
H04B 10/24 H04B 10/16

TITLE : OPTICAL FIBER AMPLIFIER AND  
OPTICAL FIBER TRANSMISSION  
SYSTEM



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a bidirectional optical fiber amplifier which can bidirectionally amplify a plurality of signal lights having different wavelength bands to propagating in an optical fiber in an optical transmission system in which the fiber is used as a transmission line.

CONSTITUTION: An optical fiber amplifier 10 comprises an exciting semiconductor laser 11 for a wavelength of  $1.48\mu\text{m}$ , a wavelength multiplexing/ demultiplexing unit 12, and an erbium-doped optical fiber 13. Two optical multiplexing units 20, 30 respectively have an optical circulator 21, an optical filter 22 having a wavelength transmitting band of  $1.54\mu\text{m}$  or less, an optical fiber 23 having a wavelength transmitting band of  $1.55\mu\text{m}$  or more, an optical multiplexer 24, an optical circulator 31, an optical filter 32 having a wavelength transmitting band of  $1.54\mu\text{m}$  or less, an optical fiber 33 having a wavelength transmitting band of  $1.55\mu\text{m}$ , and an optical multiplexer 34.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-342952

(43) 公開日 平成6年(1994)12月13日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/10		Z 8934-4M		
G 0 2 F 1/36	5 0 1	9816-2K		
H 0 1 S 3/07		8934-4M		
		9372-5K	H 0 4 B 9/ 00	G
		9372-5K		J
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁) 最終頁に続く				

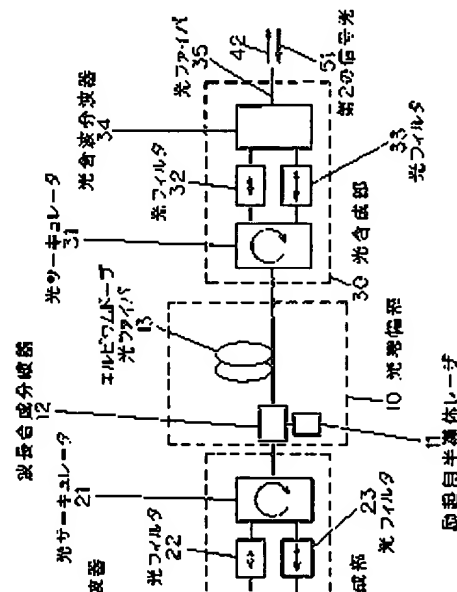
(21) 出願番号	特願平6-48536	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成6年(1994)3月18日	(72) 発明者	宇野 智昭 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平5-59881	(72) 発明者	光田 昌弘 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(32) 優先日	平5(1993)3月19日	(72) 発明者	雄谷 順 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 小堀治 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器および光ファイバ伝送システム

## (57) 【要約】

【目的】 光ファイバを伝送路として用いる光伝送システムに於て、光ファイバを伝送する波長帯域の異なる複数の信号光をそれぞれ双方向に増幅することができ、双方向光ファイバ増幅器を提供する。

【構成】 光ファイバ増幅部10は波長1.48  $\mu\text{m}$ の励起用半導体レーザ11、波長合成・分岐器12、エルビウムドープ光ファイバ13で構成される。2つの光合成部20、30は、それぞれ光サーキュレータ21、波長透過帯域1.54  $\mu\text{m}$ 以下の光フィルタ22、波長透過帯域1.55  $\mu\text{m}$ 以上の光フィルタ23、光合波器24と光サーキュレータ31、波長透過帯域1.54  $\mu\text{m}$ 以下の光フィルタ32、波長透過帯域1.55  $\mu\text{m}$ 以上の光フィルタ33、光合波器34で構成されている。



(2)

特開平6-342952

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類添加光ファイバと、前記希土類元素を光学的に励起する手段とで構成される光増幅部と、3端子の光サーキュレータの内2端子に、それぞれ、前記光増幅部の利得帯域の内から異なる波長透過帯域を選択するための波長帯域（甲）と波長帯域（乙）の光フィルタを介して、光合波器が光学的に接続されて構成される光合成部とを少なくとも備え、

前記光増幅部の光ファイバの両端に、それぞれ、前記光合成部の前記光サーキュレータの前記2つの端子とは異なる端子を介して前記光合成部が接続されており、

前記光増幅部の異なる端に接続された光合成部の光合波器から入射する波長帯域（甲）の光は、前記光増幅部の他方の端に接続された光合成部の光合波器から増幅されて出射し、前記光増幅部の他方の端に接続された光合成部の光合波器から入射する波長帯域（乙）の光は波長帯域（甲）の光とは逆方向に増幅されて出射するように構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項2】 請求項1における前記光合波器が、光波長の合成・分岐器であることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項3】 請求項1または2に記載の前記光ファイバ増幅器の両側に、前記光合成部の光合波器を介して接続する光ファイバで構成する光ファイバ伝送路を用いて、前記（甲）と（乙）の波長帯域のそれぞれの波長帯域からなる少なくとも2つの信号光を互いに双方向に伝送することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項4】 請求項3に記載の光ファイバ伝送システムに於て、前記（甲）と（乙）の波長帯域のうち長波長側の波長帯域に少なくとも1つのアナログ変調された信号光を伝送し、前記（甲）と（乙）の波長帯域のうち短波長側の波長帯域に複数のデジタル変調された信号光を伝送することによってなる双方向の光ファイバ伝送システム。

【請求項5】 請求項4に記載の光ファイバ伝送システムに於て、前記（甲）と（乙）の波長帯域のうち短波長側の波長帯域の複数のデジタル変調された信号光が、発光ダイオードを光源とするものであることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項6】 希土類添加光ファイバと、前記希土類元素を光学的に励起する手段とで構成される光増幅部と、第1の信号光を入射し、第2の信号光を出射する第1のサーキュレータと、前記第2の信号光を入射し、前記第1の信号光を出射する第2のサーキュレータと、前記第1、第2の信号光を入射する第1の光合成分岐器

帯域の内の波長帯域（甲）と波長帯域（乙）の合分波を行うものであり、

第1の3端子光サーキュレータの内の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域（甲）を入射する端子と接続され、

第2の3端子光サーキュレータの内の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域（乙）を入射する端子と接続され、

第1の3端子光サーキュレータの内の他の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域（乙）を出射する端子と接続され、

第2の3端子光サーキュレータの内の他の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域（甲）を出射する端子と接続され、

前記光増幅部の光ファイバの両端に、それぞれ、前記第1および第2の光合成分岐器の前記2つの端子とは異なる端子を接続しており、

前記第1の3端子光サーキュレータの前記2つの端子とは異なる端子から入射する波長帯域（甲）の光は、前記第2の3端子光サーキュレータから増幅されて出射し、前記第2の3端子光サーキュレータから入射する波長帯域（乙）の光は波長帯域（甲）の光とは逆方向に増幅されて出射するように構成されることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項7】 請求項6に記載の前記光ファイバ増幅器の両側に、前記光合成部の光合波器を介して接続する光ファイバで構成する光ファイバ伝送路を用いて、前記（甲）と（乙）の波長帯域のそれぞれの波長帯域からなる少なくとも2つの信号光を互いに双方向に伝送することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項8】 請求項6に記載の光ファイバ伝送システムに於て、前記（甲）と（乙）の波長帯域のうち長波長側の波長帯域に少なくとも1つのアナログ変調された信号光を伝送し、前記（甲）と（乙）の波長帯域のうち短波長側の波長帯域に複数のデジタル変調された信号光を伝送することによってなる双方向の光ファイバ伝送システム。

【請求項9】 請求項6に記載の光ファイバ伝送システムに於て、前記（甲）と（乙）の波長帯域のうち短波長側の波長帯域の複数のデジタル変調された信号光が、発光ダイオードを光源とするものであることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバを伝送路として用いる光伝送システムに於て、光ファイバを双方向

(3)

特開平6-342952

3

【従来の技術】従来、光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバと、希土類元素を光学的に励起する励起用半導体レーザ光源と、励起用半導体レーザ光を希土類添加光ファイバに結合する光合波器と、光アイソレータとで構成されている。入力信号と励起光が波長多重されて希土類添加光ファイバ増幅器に入力されると、希土類添加光ファイバは励起光によって反転分布状態にされ、その結果信号光が増幅される。そして増幅された信号光が光フィルタを通して出射される。ここで、希土類としてエルビウムを用いた場合には、励起光として通常0.98μm帯や1.45-1.5μm帯のレーザ光を使用する。光アイソレータは、光ファイバ増幅器の利得が高い場合に、光ファイバ増幅器の内部あるいは外部に残留的に存在する反射率により光の帰還を生じレーザ発振してしまう問題と、同様の光の帰還でレーザ発振には至らないまでも雑音が増加してしまう問題とを解消するために反射光の抑圧に用いられている。光アイソレータは、相反作用により一方向に進行する光は透過するが、逆方向に進行する光は遮断する特性を有し、光ファイバ増幅器への光の帰還を防ぐことができるが、反面これを用いた光増幅器に於ては、一方向に進行する信号のみしか増幅できない。

【0003】これまでに、双方向の光増幅器としては、図12に示すように、従来の光増幅器の構成から増幅の方向性を決定する光アイソレータを省いた構成(下記の文献1参照)のものが知られていた。

【0004】図12において、101、105は光ファイバ、102は光波長合波器、103は励起用半導体レーザ、104は希土類添加ファイバである。この構成では光ファイバ伝送路の接続部やコネクタ部での残留反射率により、上記したような伝送特性の劣化現象が起こる(文献1: J. Haugen et al., "Bidirectional Transmission at 623Mb/s Utilizing Erbium-Doped Fiber Amplifiers", IEEE Photonics Technology Letters, vol.4, p913(1992年))。

【0005】また双方向の光増幅器およびそれを用いたシステムとして、以下の文献もある。特開平5-224253号公報、特開平5-227102号公報、および1993年電子情報通信学会春季大会C-198、199(4-234,235ページ)、B-884(4-125ページ)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の文献1の従来例に於ては、光ファイバの接続点や光部品等からの伝送路中に内在する種々の残留反射率により、前述したように雑音が増加するあるいは、光増幅器がレーザ発振してしまう不安定性の問題を基本的に有しており、一般的な伝送路に適用されることは難しい。こ

4

伝送の実験相次ぐ", NIKKEI ELECTRONICS, p43(1991.7.1)。

【0007】そこで本発明では、光ファイバを伝搬する波長帯域の異なる複数の信号光をそれぞれ双方向に増幅することができる双方向光ファイバ増幅器を提供する。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバと、前記希土類元素を光学的に励起する手段とで構成されるいわゆる光ファイバ増幅部と、3端子の光サーキュレータの内2端子に、それぞれ、前記光ファイバ増幅部の利得帯域の内から異なる波長透過帯域を選択するための波長帯域(甲)と波長帯域(乙)の光フィルタを介して、光合波器が光学的に接続されて構成される光合成部とを、前記光増幅部の光ファイバの両端に、それぞれ、前記光合成部の前記光サーキュレータの前記2つの端子とは異なる端子を介して光合成部を接続した配置構成からなり、前記光ファイバ増幅部の前記光増幅部とは異なる端に接続された光合成部の光合波器から入射する波長帯域(甲)の光は、前記光ファイバ増幅部の他方の端に接続された光合成部の光合波器から増幅されて出射し、前記光ファイバ増幅部の他方の端に接続された光合成部の光合波器から入射する波長帯域(乙)の光は波長帯域(甲)の光とは逆方向に増幅されて出射するように構成されている。

【0009】また他の本発明の光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバと、前記希土類元素を光学的に励起する手段とで構成される光増幅部と、第1の信号光を入射し、第2の信号光を出射する第1のサーキュレーターと、前記第2の信号光を入射し、前記第1の信号光を出射する第2のサーキュレーターと、前記第1、第2の信号光を入射する第1の光合成分岐器と、前記第1、第2の信号光を出射する第2の光合成分岐器とを少なくとも備え、前記第1、第2の光合成分岐器は、前記光増幅部の利得帯域の内の波長帯域(甲)と波長帯域(乙)の合分岐を行うものであり、第1の3端子光サーキュレータの内の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域(甲)を入射する端子と接続され、第2の3端子光サーキュレータの内の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域(乙)を入射する端子と接続され、第1の3端子光サーキュレータの内の他の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域(乙)を出射する端子と接続され、第2の3端子光サーキュレータの内の他の1端子は、前記第1の光合成分岐器の波長帯域(甲)を出射する端子と接続され、前記光増幅部の光ファイバの両端に、それぞれ、前記第1および第2の光合成分岐器の前

(4)

特開平6-342952

5

の3端子光サーキュレータから入射する波長帯域(乙)の光は波長帯域(甲)の光とは逆方向に増幅されて出射するように構成されている。

【0010】

【作用】本発明では、双方向の光増幅を行うために、2つ異なる波長帯域をそれぞれの伝送方向の信号帯域として割り当てることにより、それぞれの信号波長に対して残留反射率による帰還ループができないようにしている。さらに、波長帯域の異なる両方向の信号光がそれぞれ一台の光増幅器からなる光増幅部に入射するように、光サーキュレータあるいは光波長の合成・分岐器により光の合成部を構成している。これにより、雑音の増大や、レーザ発振を引き起こす事無く、双方向の信号光の増幅を可能にしている。

【0011】また、増幅部の希土類添加光ファイバ中では、指数関数的に増大する各々の方向に進行する信号強度分布が互いに補完しあうように異なるため、信号間での干渉の影響を小さく抑えることが出来る。

【0012】

【実施例】

〔実施例1〕以下、図面を用いて本発明の第1実施例について詳細に説明する。図1は第1実施例の構成を示す模式図である。

【0013】図1において、10は光増幅部、20、30は光合成部で有り、11は波長1.48 $\mu$ mの励起用半導体レーザ、12は波長合成・分岐器、13はエルビウムドープ光ファイバ、21と31は光サーキュレータ、22と32は波長透過帯域1.54 $\mu$ m以下の光フィルタ、23と33は波長透過帯域1.55 $\mu$ m以上の光フィルタ、24と34は光合波分波器(光カブラ)、25、35は光ファイバである。41は光ファイバ25に入射する第1の信号光、42は光ファイバ35から出射する増幅された第1の信号光、51は光ファイバ35に入射する第2の信号光、52は光ファイバ25から出射する増幅された第2の信号光である。

【0014】ここでエルビウムドープ光ファイバ13の利得の波長特性を図2に示す。図に示すように光ファイバーは入射光の波長に対して利得特性をもっている。

【0015】次に光フィルタ22、23、32、33の透過率の波長特性を図3に示す。光フィルタ21、32は1.54 $\mu$ m以下の波長を透過させるものであり、光フィルタ23、33は1.54 $\mu$ m以上の波長を透過させるものである。このようにフィルタの特性に対応させて、図1に示した光フィルタ22、23、32、33は図1の中に矢印で示している。長い矢印は1.54 $\mu$ m以上の波長の光を透過させ、短い矢印は1.54 $\mu$ m以下の波長の光を透

6

の波長特性を図4に示す。すなわち、図4は図2と図3のかけ算で表わされる。すなわち、光フィルタ22、32を透過する光の利得特性は、図4の乙で表わされる波長帯域であり、光フィルタ23、33を透過する光の利得特性は波長帯域(甲)である。

【0017】光サーキュレータの働きについては、例えば電子通信学会：光・電子エレクトロニクス研究会報告資料(OQE 79-20, "光ファイバ通信用小型光サーキュレータ")、(OQE 78-149, "光サーキュレータがもつ偏光依存性除去の試み")に報告されているが、簡単に説明すると光を一定方向にしか回転させないものである。図1を用いて説明すると光合波分波器24から光フィルタ21を透過した波長1.54 $\mu$ m以下の光が光サーキュレータ21に入射したとする。この光は波長合成分岐器12に入射することができる。

【0018】しかし、光合波分波器34から光フィルタ32を透過した波長1.54 $\mu$ m以下の光が光サーキュレータ31に入射しても、この光は光ファイバ13には入射することはない。なぜなら光サーキュレータ31は光を一定方向にしか回転させないものであるから、この光はサーキュレータ31でカットされてしまうからである。

【0019】光ファイバ増幅部10は波長1.48 $\mu$ mの励起用半導体レーザ11、波長合成・分岐器12、エルビウムドープ光ファイバ13で構成される。また2つの光合成部20、30は、それぞれ光サーキュレータ21、波長透過帯域1.54 $\mu$ m以下の光フィルタ22、波長透過帯域1.55 $\mu$ m以上の光フィルタ23、光合波分波器(光カブラ)24と光サーキュレータ31、波長透過帯域1.54 $\mu$ m以下の光フィルタ32、波長透過帯域1.55 $\mu$ m以上の光フィルタ33、光合波分波器(光カブラ)34で構成されており、それぞれの部分において空間あるいは光ファイバを用いて光学的に結合されている。

【0020】次にこの光ファイバ増幅器に信号光が入射した場合について説明する。いま、光ファイバ25の左側から波長1.535 $\mu$ mの信号光41が入射する。この光41は光合波・分波器24で2つの光路に分割された後、それぞれ光フィルタ22、23を通過して光サーキュレータ21に入射する。光フィルタ22は1.54 $\mu$ m以下の光を透過させるものであるから、この入射信号光41はこのフィルタ22を透過する。しかし光フィルタ23の方向に進んだ入射信号光41は、このフィルタ23の持つ特性(図3で説明)からカットされる。

【0021】光サーキュレータ21に進んだ入射信号光41は、前述したように光サーキュレータの働きによって、光フィルタ22を通過した信号光のみがエルビウム

(5)

特開平6-342952

7

1だけが光増幅部10の波長台成分岐器12に進んで増幅される。

【0023】増幅された信号光41は他端に配置された光サーキュレータ31により光フィルタ32の方向のみに出射し、光フィルタ33の方向には出射しない。この信号光41の波長は光フィルタ32の帯域内(1.54μm以下)であるので、損失を受けずに、光合波・分波器34に入射し、光合波・分波器34を経て光ファイバ35の右側へ増幅され、増幅した信号光42として出射する。

【0024】一旦出射した信号光42が、外部の何らかの反射により、光合波・分波器34の右側から再び光合波・分波器34に入射した場合、この光は光フィルタ32を通るが光サーキュレータ31に入射しても光ファイバ13には進まない。増幅器の雑音等の特性に影響を与えない。また光フィルタ33に進んでもこの光はこのフィルタ33の帯域外であるので十分に減衰されてから光増幅部10に入射するので増幅されず増幅器の雑音等の特性に影響を与えない。

【0025】同様に、光ファイバ35の右側から入射する波長1.555μmの信号光51は、光合波・分波器34で2つの光路に分割された後、それぞれ光フィルタ32、33を通過して光サーキュレータ31に入射する。この時光サーキュレータの働きにより、33の光フィルタを通過した信号光のみがエルビウム光ファイバ13に入射し増幅される。増幅された信号光51は他端に配置された光サーキュレータ21により、光フィルタ23の方向のみに出射する。この信号光51の波長は光フィルタ23の帯域内(帯域1.54μm以上)であるので、損失を受けずに、光合波・分波器24を経て光ファイバ25の左側へ増幅された信号光52として出射する。

【0026】外部からの反射により、光合波・分波器24の左側へ一旦出射した信号光が再び光合波・分波器24に左側から入射した場合、光フィルタ22を通る光は光フィルタ22の帯域外であるために十分に減衰されてから光サーキュレータ21を通過して、エルビウム光ファイバ13に入射するので増幅器の雑音等の特性に影響を与えない。また光フィルタ23を通る光は光サーキュレータ21の働きにより、エルビウム光ファイバ13の方向に進まず増幅器の雑音等の特性に影響を与えない。

【0027】今、光増幅器の外部に反射がある場合の光の帰還による影響を考察する。信号光の波長をλ、外部のパワー反射率をR、エルビウム光ファイバのパワー増幅度をG、光フィルタのパワー透過率をT1(λ)、T2(λ)とすると、反射による信号光は、利得=(R×G×T1(λ)×T2(λ))<sup>2</sup>だけ増幅される。

8

分かる。この場合双方向の光増幅機能を有しながらも、外部の反射率によって増幅器の雑音等の特性に影響を与えないことがわかる。

【0029】一方、従来例の説明で用いた図12の構成においては、T1=T2=1として、利得=100となりレーザ発振条件を越えてしまい、外部反射の影響が顕著であることが分かり、本発明が、従来例との比較において非常に有効であることが定量的に理解される。

【0030】(実施例2)次に、本発明の第2実施例について図5、6、7を用いて説明する。なお、以下の説明において、既説明と同一の箇所には同一の番号を附し、説明を省略する。図5は第2実施例の構成を示す模式図である。第1の実施例と異なるのは、図5において、26と36に光波長の合成・分岐器を使用している点である。この光波長の合成分岐器26と36は一種の波長フィルタであり、ある一定の波長を決まった方向へ導くものである。ここでは光波長の合成分岐器26は、1.54μm以下の波長を光フィルタ22へ導き、1.54μm以上の波長を光フィルタ23へ導く機能を有している。図5では第1の信号光41の波長が1.535μmであるからその光は合成分岐器26により光フィルタ22の方向だけに進む。第1の実施例では光ファイバから入射する光は光台成分岐器24にいったん入ってから光フィルタ22、23に入射していたので、これに比べると第2の実施例では光波長の合成分岐器を用いるので光の利用効率が大きくできる。

【0031】光ファイバ増幅部10は第1の実施例と同様に11、12、13で構成される。また2つの光合波部20、30は、それぞれと21、22、23、26と、31、32、33、36で構成される。

【0032】図6(a)に、信号光41として3波長からなる異なるデジタル信号、信号光51として1波長からなるアナログ信号を加えた時の信号強度の波長分布を信号光の構成例として示す。

【0033】一般にアナログ信号は十分な信号雑音比を得る為に、デジタル信号よりも高い信号強度を必要とするので、光増幅ファイバの利得飽和による長波長側への利得ピークの移動を考慮して、長波長側に設定される。これは図6(b)に示すように信号強度の大きい光と、小さい光の入射には利得の違いがある。信号強度の大きい光の利得分布をみると低波長側に比べて長波長側の方が利得が大きいことが明らかである。したがってアナログ信号は大きい信号強度が必要であるため長波長側に設定されている。

【0034】また、デジタル信号はそれ程高い信号強度を必要としないので、1台の光増幅部による双方向増幅

(5)

特開平6-342952

9

10

【0035】このように、信号を設定することにより、低雑音で、低歪みのアナログ信号伝送と、同時にデジタル信号を双方向に伝送することができる。このような信号波長構成は、光によるCATV等の親局から家庭端末への、映像伝送等の一括放送が前述したアナログ信号でなされ、家庭端末からのデータ信号等が前述したデジタル信号によりなされる場合等に用いられる。

【0036】図7に、信号光41として2波長からなる異なるデジタル信号をLED（発光ダイオード）で、信号光51として1波長からなるアナログ信号を加えた時の信号強度の波長分布を信号光の構成例として示す。

【0037】LD（半導体レーザ）光で複数の信号を伝送する場合には、光の周波数差によるビートが発生し雑音成分となるが、複数の信号光源として、LEDを用いることによりビートの発生を抑圧することができる。この場合も図6(a)で説明したと同様に、一般にアナログ信号はデジタル信号よりも高い信号強度を必要とするので、光増幅ファイバの利得飽和による長波長側への利得ピークの移動を考慮して、長波長側に設定される。

【0038】このように、信号を設定することにより、低雑音で、低歪みのアナログ信号伝送と、同時にデジタル信号を双方向に伝送することができる。

【0039】（実施例3）以下、図面を用いて本発明の第3実施例について詳細に説明する。図8は第3実施例の構成を示す模式図である。なお、以下の説明において、既説明と同一の箇所には同一の番号を附す。

【0040】光ファイバ増幅部10は、第1の実施例と同様に光合成部20、波長1.48 $\mu$ mの励起用半導体レーザ11、波長合成・分岐器12、エルビウムドープ光ファイバ13で構成される。光合成部20は、光サーキュレータ21と31、波長合成・分岐器26と36、光ファイバ25と35で構成される。41は光ファイバ25に入射する第1の信号光、42は光ファイバ35から出射する増幅された第1の信号光、51は光ファイバ35に入射する第2の信号光、52は光ファイバ25から出射する増幅された第2の信号光である。光サーキュレータ21と31は実施例1と、波長合成・分岐器23と36は実施例2と同等の特性である。

【0041】次にこの光ファイバ増幅器に信号光が入射した場合について説明する。いま、光ファイバ25の左側から波長1.535 $\mu$ mの信号光41が入射する。この光41は光サーキュレータ21に入射すると、前述したように光サーキュレータの働きにより光ファイバ25からの信号光のみが波長合成・分岐器26へ入射し、波長1.560 $\mu$ mの信号光51と合波された後、光ファイバ増幅部10に入射する。波長合成・分岐器26は図

向のみに出射し、光サーキュレータ21の方向には出射しない。この信号光41は光サーキュレータ31に入射すると、光サーキュレータの働きにより増幅された信号光のみが光ファイバ31の方向へ透過し、増幅された信号光42として出射する。

【0043】同様に、光ファイバ35の右側から入射する波長1.560 $\mu$ mの信号光51は、光サーキュレータに入射した後、光合波・分岐器26で1.535 $\mu$ mの信号光41と合波され、光増幅部10に入射し増幅される。増幅された信号光51は他端に配置された波長合波・分岐器36により波長1.560 $\mu$ mの信号光51のみが光サーキュレータ21の方向へ透過し、光サーキュレータ21により光ファイバ25の左側へ増幅された信号光52として出射する。

【0044】小信号入力の場合の利得は30dB以上になるが、EDF端には反射減衰量-60dB以下の光アイソレータがあるため、増幅器の雑音等の特性に影響を与えない。このように、本実施例に於いては光アイソレータをEDFの両端に使用し反射の影響を除去出来るため、アナログ信号を伝送する場合には特性劣化の防止に顕著な効果がある。

【0045】さらに、信号光の合波・分岐器として、従来はすべて波長合成器を用いていた。これは一台あたり-20~-30dB程度の信号光の分岐比しか得られないため、特にアナログ信号伝送時には雑音特性の劣化が生じたり、分岐比を十分に得るために複数台の波長合成器を縦続接続することにより光損失が大きくなるなどの問題が生じていた。

【0046】しかしながら、図8に示す本実施例で用いた光サーキュレータは、端子間の漏れ光が-70dB以下と非常に少ないため、光伝送路（光ファイバ）との入出力部分に用いている波長合成器と置き換えることにより、構成を単純化し、なおかつ70dB以上の分岐比を得ることができるという優れた特性が得られる。

【0047】図9に、エルビウムドープ光ファイバ（EDF）中の各点での反転分布係数を示す。EDFの両端から双方向の信号光を入射する場合には、一方の信号光の入射部付近において他方の信号光がもっとも増大するため、反転分布が低下し雑音指数（NF）の劣化を生じる。

【0048】これに対し、実施例3の構成に於いてはEDFに同じ方向から信号光が入射するため、信号光入射部では両方の信号光が共に微小であるため反転分布が低下せず、NFの劣化も生じにくい。この双方向光増幅器の構成は、特にNFを重視するシステムに於いては有効であることがこれより分かる。

(7)

特開平6-342952

11

【0050】前述のようにアナログ信号は十分な信号雑音比を得る為に、デジタル信号よりも高い信号強度を必要とするので、光増幅ファイバの利得飽和による長波長側への利得ピークの移動を考慮して、長波長側に設定される。これは図6(b)に示すように信号強度の大きい光と、小さい光の入射には利得の違いがある。信号強度の大きい光の利得分布をみると低波長側に比べて長波長側の方が利得が大きいことが明らかである。したがってアナログ信号は大きい信号強度が必要であるため長波長側に設定されている。

【0051】また、デジタル信号はそれ程高い信号強度を必要としないので、入力光量は小さくてもよい。従って、1台の光増幅部による双方向増幅作用に於ても、信号間での干渉効果は殆ど起こらない。これは図7のようにアナログ信号の信号強度と、デジタル信号との大きさにかんがりの差があるからである。

【0052】ただし、長波長側の信号光の入力光量が大きく、そのために飽和が生じる場合には、図10(a)のように短波長側の信号光にも飽和が生じ、利得が低下する。図10(b)は、反対に短波長側の信号光の入力光量が大きい場合を示しているが、図10(a)より利得飽和が生じ難いことが分かる。これは大入力の短波長側の光は長波長側の光に対して、励起光として働き、吸収されるからである。

【0053】アナログ信号の伝送歪特性は充分に小さく、かつ信号間での干渉が生じないことが必要であるが、利得特性の干渉が生じない条件であれば歪特性の干渉はほとんど起こらない。これは光ファイバ増幅部で生じる歪は、ゲインチルトにより決まるからである。図11(a)は、短波長側の信号光の入力光量に対する長波長側信号光のC/SO歪を示す図であるが、前述の図11(a)と比較すると、ほぼ利得が低下するのと同じ条件で歪特性も劣化し始めていることが分かる。図11(b)は短波長側の信号光をアナログ変調した場合の、長波長側の入力光量に対するC/SO歪特性を示すが、図10(b)同様に歪特性の劣化が図11(a)より生じ易いことが分かる。

【0054】歪特性劣化に対する許容度は、アナログ信号に対しては厳しいが、デジタル信号の伝送特性に対しては比較的緩やかである。従って、長波長側の信号光にアナログ信号を、短波長側の信号光にデジタル信号を割り当てれば、ともに良好な伝送特性が得られ、かつ波長多重されるデジタル信号の数が増減し入力光量に変化する場合にも、安定したアナログ伝送特性が保証されることになる。

【0055】このように、信号を設定することにより、

12

され、家庭端末からのデータ信号等が前述したデジタル信号によりなされる場合等に用いられる。

【0056】なお、本実施例では、波長帯域(甲)の信号光として、1波長からなるアナログ信号光のみを示したが、同時に波長帯域(甲)内の他の波長を用いて、他の複数のアナログあるいはデジタルの信号光を伝送することができる。また、同様に、波長帯域(乙)の信号光として、複数の波長の信号光を伝送できることはいふまでもない。

10 【0057】また本実施例では、希土類のエルビウムが添加された1.5ミクロン帯の光増幅器について述べたが、本発明は、ネオジムやプラセオジム等の他希土類を用いた異なる波長帯の光増幅器についても同様の効果が得られる物であり、何等、その構成材料等に制限を加えるものではない。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、1台の光ファイバ増幅部を用いた簡単な構成で、光ファイバに異なる2方向から入射する複数の異なる信号光をそれぞれ増幅する高性能な双方向光ファイバ増幅器を提供できる効果がある。

【0059】また本発明によれば、1台の光ファイバ増幅部を用いた簡単な構成で、光ファイバに同じ方向から入射する複数の異なる信号光をそれぞれ増幅する高性能な双方向光ファイバ増幅器を提供できる効果がある。

【0060】また、本発明によれば、デジタル信号のチャンネル数が増減する場合にも、安定したアナログ伝送特性を提供できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

30 【図1】本発明の第1実施例の構成図

【図2】本発明の実施例に於ける、エルビウム添加光ファイバの増幅利得の波長依存性を示す図

【図3】本発明の実施例に於ける、光フィルタ透過率の波長依存性を示す図

【図4】本発明の実施例に於ける、光フィルタ挿入後の利得の波長依存性を示す図

【図5】本発明の第2実施例の構成図

【図6】本発明の第2実施例に於ける光信号波長の構成図

40 【図7】本発明の第2実施例に於ける光信号波長の構成図

【図8】本発明の第3実施例の構成図

【図9】本発明の第3実施例に於ける、エルビウムドープ光ファイバ中の反転分布状態を表す図

【図10】本発明の第4実施例に於ける利得特性を表す図



(8)

特開平6-342952

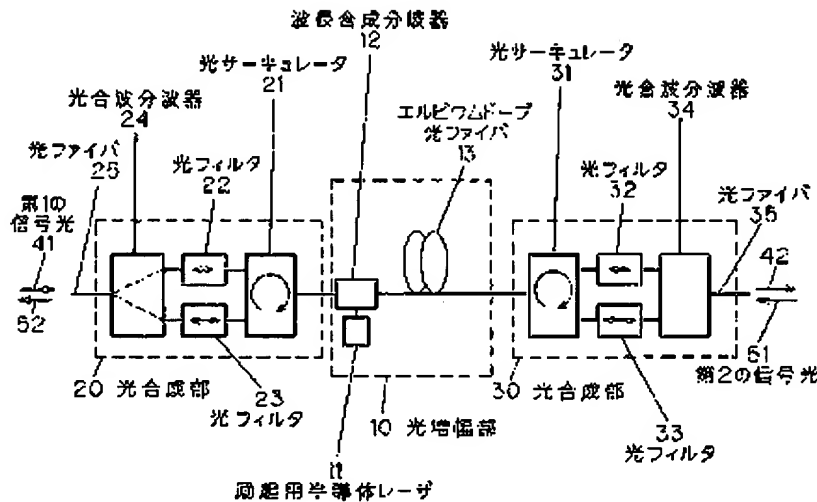
13

14

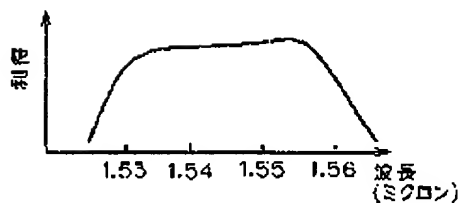
- 10 光増幅部
- 11 励起用半導体レーザ
- 12 波長合成器
- 13 エルビウムドープ光ファイバ
- 14 光アイソレータ
- 15 光アイソレータ
- 20 光合成部
- 21 光サーキュレータ
- 22 波長帯域(甲)の光フィルタ
- 23 波長帯域(乙)の光フィルタ

- \*24 光合波器
- 25 光ファイバ
- 26 波長合成・分岐器
- 30 光合成部
- 31 光サーキュレータ
- 32 波長帯域(甲)の光フィルタ
- 33 波長帯域(乙)の光フィルタ
- 34 光合波器
- 35 光ファイバ
- \*10 36 波長合成・分岐器

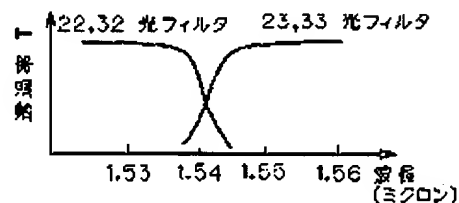
【図1】



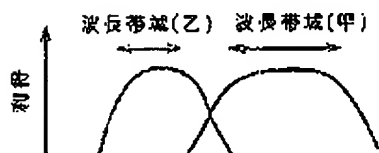
【図2】



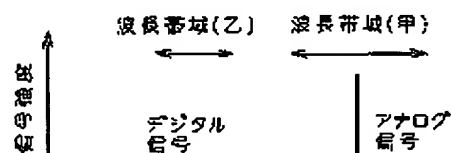
【図3】



【図4】



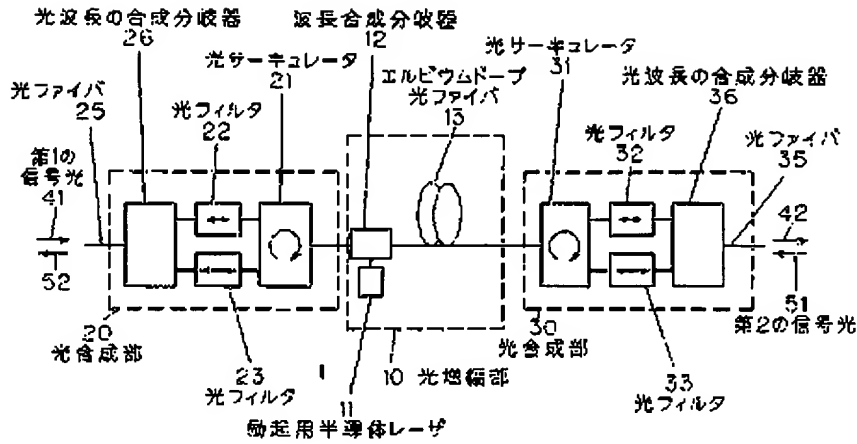
【図7】



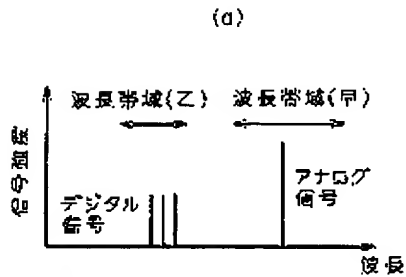
(9)

特開平6-342952

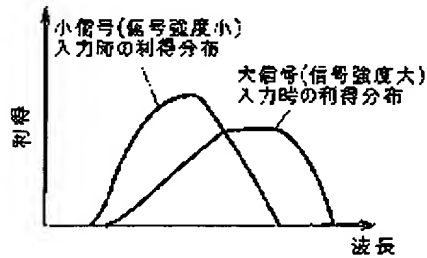
【図5】



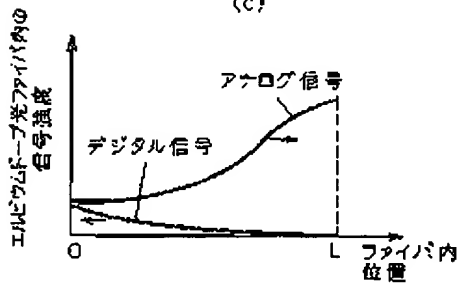
【図6】



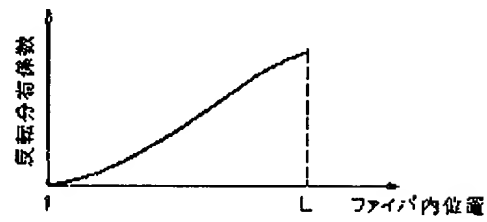
(b)



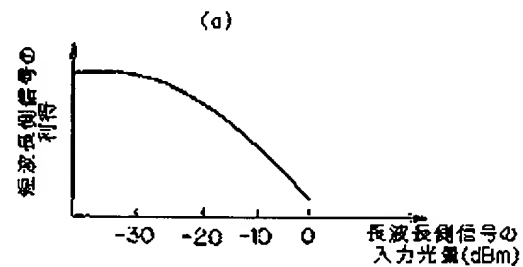
(c)



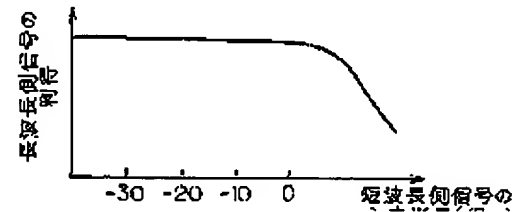
【図9】



【図10】



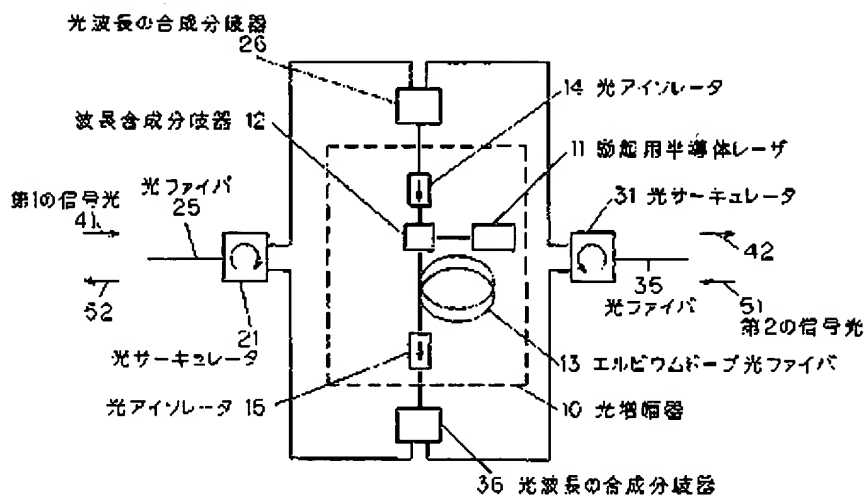
(b)



(10)

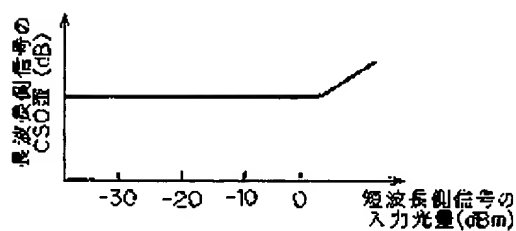
特開平6-342952

【図8】

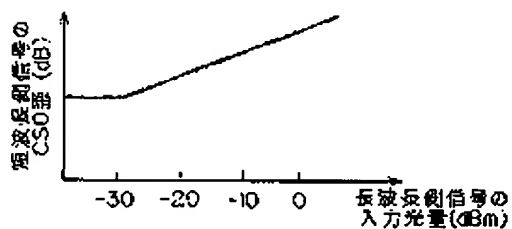


【図11】

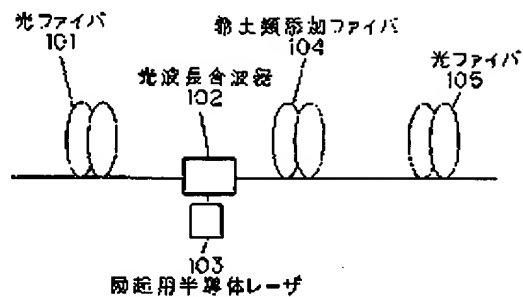
(a)



(b)



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H04B 10/24

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所